

## NOTAT

|                |  |                 |                             |
|----------------|--|-----------------|-----------------------------|
| OPPDRAAG       | <b>1010303 NB Fjellanlegget K 201 TE</b> | DOKUMENTKODE    | 10202548-01-RIGberg-NOT-009 |
| EMNE           | Vurdering av skredfare og sikringstiltak | TILGJENGELIGHET | Åpen                        |
| OPPDRAAGSGIVER | <b>Veidekke AS</b>                       | OPPDRAAGSLEDER  | Jogeir Hvide                |
| KONTAKTPERSON  | Helge Blindheim                          | SAKSBEHANDLER   | Mariia Pihlainen            |
| KOPI           |  | ANSVARLIG ENHET | 10233013 Bergteknikk Vest   |

## SAMMENDRAG

Multiconsult har utført en vurdering av fare for naturlig utløste skred fra bratt terreng mot området ved Nasjonalbiblioteket. Vurderingene er utført i henhold til kravene til sikkerhet i TEK 17. Konstruksjonene ved fjellanlegget er hovedsakelig plassert under bakkenivå, men viktige kjølere og ventilasjonssystemer på toppen av inngangspartiet kan potensielt bli rammet av sørpeskred.

Konklusjonen fra undersøkelsene og tilhørende vurderinger er at det aktuelt område ligger innenfor faresone for sørpeskred med årlig nominell sannsynlighet 1/1000 og 1/5000, se faresonekart i Figur 10. Det anbefales å etablere en ledevoll mellom eksisterende turvei og aktuell bygg. Sikringstiltak skal detaljprosjekteres.

Foreliggende notat beskriver utførte undersøkelser med tanke på skredfare og presenterer grunnlag for sikringsbehov.

## 1 Innledning

Ved etablering av fjellhaller for Nasjonalbiblioteket i Mo i Rana er Multiconsult engasjert av Veidekke AS for å utføre en detaljert kartlegging av skredfare. Den aktuelle tomten ligger innenfor aktsomhetsområder for skred ifølge databasen til NVE, se Figur 5. Dette medfører at faren for skred bør kartlegges iht. gjeldende lovverk.

De planlagte konstruksjoner ved fjellanlegget vil hovedsakelig ligge under bakkenivå, som dermed ikke vil rammes av eventuell skred på overflaten. Potensielle skred kan imidlertid ramme viktige kjølere og ventilasjonssystemer på taket av bygget ved inngangspartiet.

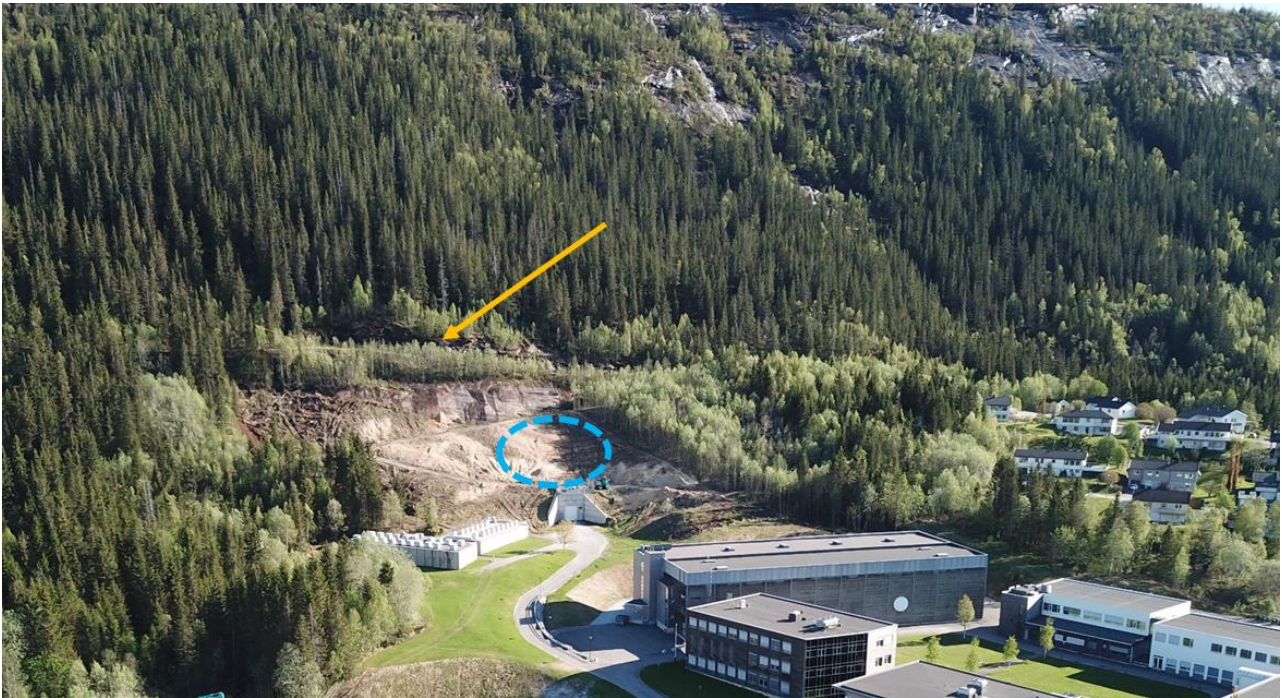
I foreliggende notat inngår vurdering av skredtyper fra naturlig bratt terreng slik forholdene er i dag. Fyllinger og skjæringer er ikke vurdert i dette notatet.

Undersøkelsene og rapporteringen tar utgangspunkt i NVEs retningslinjer og veiledere *Flom- og skredfare i arealplaner* (retningslinjer 2/2014) og *Sikkerhet mot skred i bratt terreng* (veileder 8/2014)

### 1.1 Vurdert område

Undersøkelsesområdet ligger sørvest for Mo i Rana sentrum ved gnr./bnr. 20/378 i Rana kommune, Nordland. Figur 1 viser oversiktsbilde ved anlegget, og Figur 2 viser utstrekning til vurdert skråning.

|      |            |                     |                  |                 |              |
|------|------------|---------------------|------------------|-----------------|--------------|
|      |            |                     |                  |                 |              |
| 00   | 08.11.2018 | Klar til utsendelse | Mariia Pihlainen | Asbjørn Øystese | Jogeir Hvide |
| REV. | DATO       | BESKRIVELSE         | UTARBEIDET AV    | KONTROLLERT AV  | GODKJENT AV  |



Figur 1. Dronebilde som viser oversikt mot sør (mot den aktuelle skråningen). Eksisterende øverste turvei er markert med pil, og aktuelle lokasjon for vurdert objekt er markert med blåstiplet sirkel.

## 2 Grunnlag

### 2.1 Regelverk

Kravene for sikkerhet mot skred er definert i Plan- og bygningsloven med tilhørende byggeteknisk forskrift (TEK 17 § 7.3). Det er definert tre ulike sikkerhetsklasser for ulike type bygg, basert på bruksområde og Det er definert tre ulike sikkerhetsklasser for byggverk i skredutsatte områder, S1 der tilhørende bygg skal plasseres utenfor skredfaresoner med sannsynlighet  $\geq 1/100$ , bygg tilhørende S2 plasseres utenfor sannsynlighet  $\geq 1/1000$  og S3 utenfor faresone med sannsynlighet  $\geq 1/5000$ . Sikkerhetsklassene er definert med hensyn på skredrisiko og konsekvens med tanke på type byggverk, der bruk av bygg og sannsynlighet for gjentakintervall av skred er de viktigste faktorene.

De aktuelle vurderingsobjektene gjelder hovedsakelig kjølere og ventilasjon tilhørende fjellanlegget. Det finnes ingen definert sikkerhetsklasse som er direkte definert til å gjelde denne type objekt i TEK 17, men det står i vurderingen av hvilken sikkerhetsklasse byggverket kommer i, at det må tas hensyn til konsekvenser for liv og helse, samt økonomiske verdier.

Multiconsult sin vurdering er at det aktuelle byggverket bør inkluderes minimum i sikkerhetsklasse S2, dvs. byggverk der skred vil føre til middels store økonomiske eller andre samfunnsmessige konsekvenser.

### 2.2 Grunnlag og utførte undersøkelser

Følgende grunnlagsmateriale er benyttet i vurdering av skredfare:

- Terrenganalyser i GIS, med bl.a. helningskart (oppløsning på terrengmodell 10x10 m fra ca. kote 200 opp, samt 0.25 x 0.25 m i nedre deler tilgjengelig fra [www.hoydedata.no](http://www.hoydedata.no))
- Kart over løsmasser og berggrunn fra NGU ([www.ngu.no/kart](http://www.ngu.no/kart))
- Flyfoto ([www.norgebilder.no](http://www.norgebilder.no))
- Klimadata ([www.eklima.no](http://www.eklima.no) og [www.senorge.no](http://www.senorge.no))
- Skredhendelser og aktsomhetskart (<http://atlas.nve.no>)



## Vurdering av skredfare og sikringstiltak

- Registreringer av snøskred på [www.regobs.no](http://www.regobs.no)
- Modelleringsarbeider i RAMMS

Befaring ble foretatt 4. september 2018 av geolog Mariia Pihlainen fra Multiconsult. Værforholdene ved befaringen var +14 grader og sol. Den aktuelle skråningen ble undersøkt til fots opp til ca. 250 moh.

Det er utført modelleringsarbeider i programmet RAMMS debris flow, som er et 2D dynamisk simuleringsprogram utviklet av SLF i Sveits for å studere bl.a. utløpsdistanser, hastighet og trykk i 3D terreng. For resultater se kapittel 4.5.1.

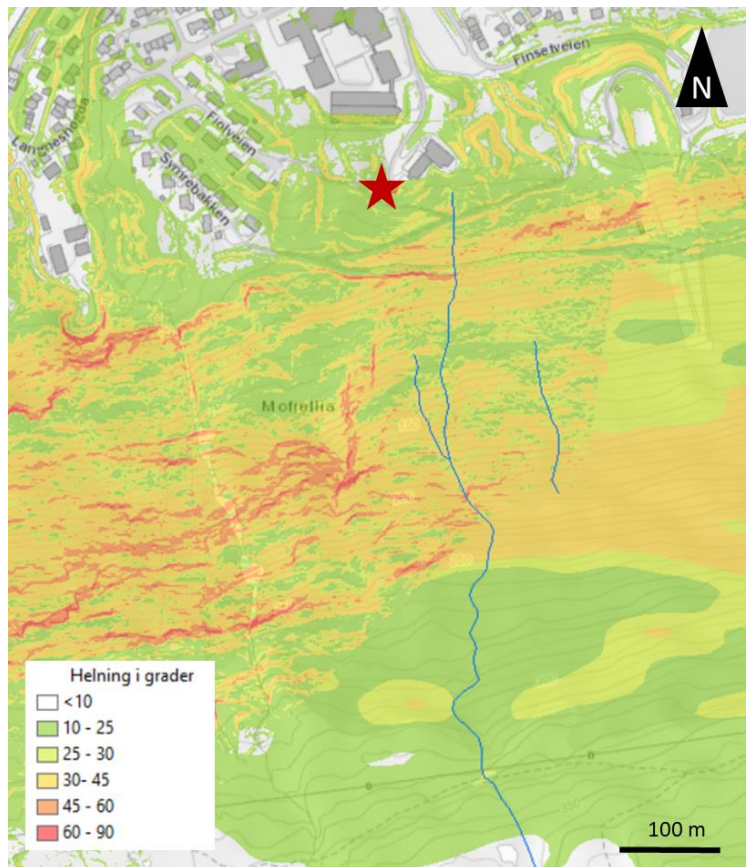
### 3 Områdebeskrivelse

#### 3.1 Topografi og terrengforhold

Den aktuelle skråningen ved Mofjellia stiger fra kote 50 med 30-45° helning opp til kote 250. Etter dette slaker terrenget ut noe, med en helning på 10-25° opp til kote 350. Terrenget i øverste 100 høydemetrene til toppen Mofjellet (ca. 480 moh.) er slakt og terrassert. De bratteste delene av skråningen (til 240 moh.) er dekket av nokså tett blandingskog med en god del grantrær, og oppfor dette er skogen mer spredt. Videre opp til Mofjellet er det åpent landskap. Underlaget består av bart berg med tykk mose. Forekomsten av løsmasser er skrint og usammenhengende.



Figur 2. Flyfoto med oversikt over vurdert skråning (stiplet linje), samt ca. plassering av inngangsbygget (stjerne).



Figur 3. Helningskart. Plassering av inngangsbygget er markert med en stjerne. Viktigste vannveier er markert med blå linjer.

### 3.2 Dreneringsforhold

I den aktuelle delen av skråningen finnes det to bekker som drenerer fra små vatn og myrer i høyreliggende terreng. Den ene bekken (og mulig flere lignende) renner delvis under grove urmasser og delvis i sprekker i berggrunnen i skråningen, og kommer ut i dagen ca. midt i skråningen, se Figur 3. En mer tydelig bekk i dagen renner delvis på berg, delvis i grove masser med utløpet ca. rett ovenfor byggetomten.

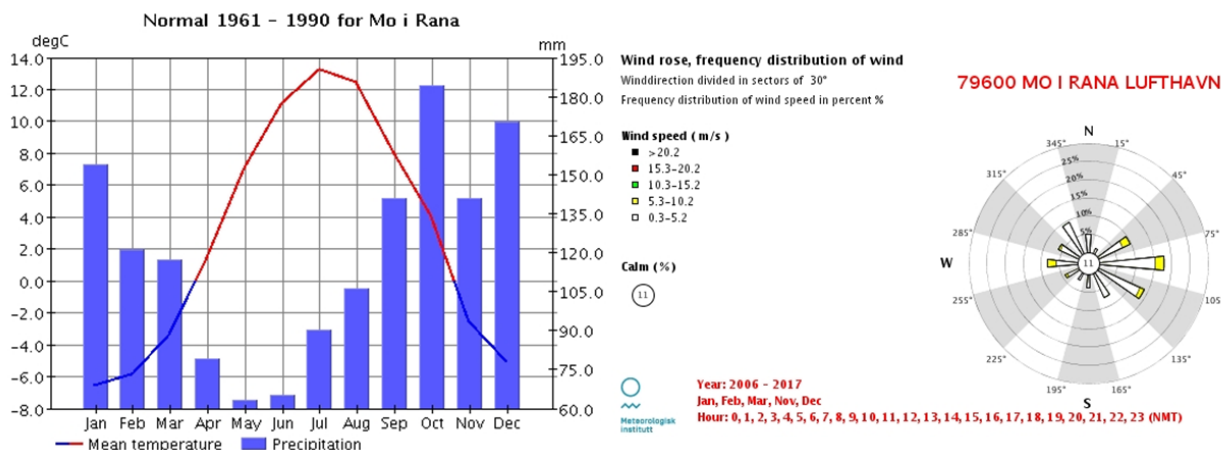
### 3.3 Klima

Klimadata er hentet fra [www.eklima.no](http://www.eklima.no). Nærmeste værstasjon som måler både nedbør, temperatur og vind er Mo i Rana III (st.nr. 79480, 41 moh., data fra 1957), lokalisert 1.5 km fra det aktuelle området. Figur 4 viser gjennomsnittlig nedbør og temperatur per måned i normalperioden 1961-1990. Årsnedbør i det aktuelle området ligger rundt 1400 mm.

Maksimum snødybde i en vanlig vinter er mellom 100-150 cm, men noen år er det registrert snødybder mellom 200-400 cm i den aktuelle skråningen ifølge [www.senorge.no](http://www.senorge.no). Dominerende vind kommer fra østlig retning i vintermånedene, se Figur 4.

For å bedre kunne møte de utfordringer som framtidige klimaendringer vil kunne gi, har det blitt utarbeidet klimaprofiler for de ulike fylkene ([www.klimatilpassning.no/fylkesoversikt](http://www.klimatilpassning.no/fylkesoversikt)). I klimaprofilene gis et kort sammendrag av klimaet, forventede klimaendringer og klimautfordringer i fylket. Kort sammenfattet forventes det at årstemperaturen øker med ca. 5°C og årsnedbøren med ca. 15% i løpet av dette århundret sammenlignet med perioden 1971-2000. Den største temperaturøkningen er forventet å skje om vinteren. Økt nedbør forventes i hovedsak sommer og høst.

## Vurdering av skredfare og sikringstiltak



Figur 4. Nedbør- og temperaturstatistikk for normalperioden 1961-1990, samt vindrose for vintermånedene med data fra de siste 10 år ([www.eklima.no](http://www.eklima.no))

## 4 Vurdering av skredfare

### 4.1 Generelt

Følgende skredtyper har blitt vurdert:

- Steinsprang, steinskred og isnedfall
- Snøskred, våte og tørre
- Sørpeskred
- Jord- og flomskred

*Steinsprang og steinskred* opptrer vanligvis i bratte oppsprukne fjellpartier der terrenghelningen er større enn 40°-45°. Bergnabber som er for små til å være avmerket på aktsomhetskart er også vurdert. Isnedfall fra bratte partier i berget blir også vurdert.

*Snøskred* utløses vanligvis i terreng som har en helning mellom 30° og 50°. Dersom terrenget er brattere glir snøen ut i mindre mengder og det dannes ikke større snøskred.

*Sørpeskred* er vannmettet snø som ofte utløses fra avrenningsområder som bekkedaler og forsengkninger der vann samles, typisk områder med helning mellom 5°-15°. Skred av denne typen kan også forekomme ved utløp på snødemte innsjøer, elver og lignende.

*Jord- og flomskred* er løsmasseskred i bratte skråninger (>25°). Jordskred er utglidninger og bevegelser av vannmettede løsmasser i bratte skråninger utenfor definerte vannveier. Flomskred er hurtige, flomlignende skred som hovedsakelig opptrer langs definerte elve- og bekkeløp. Mye nedbør ila kort tid er den vanligste utløsningsfaktoren.

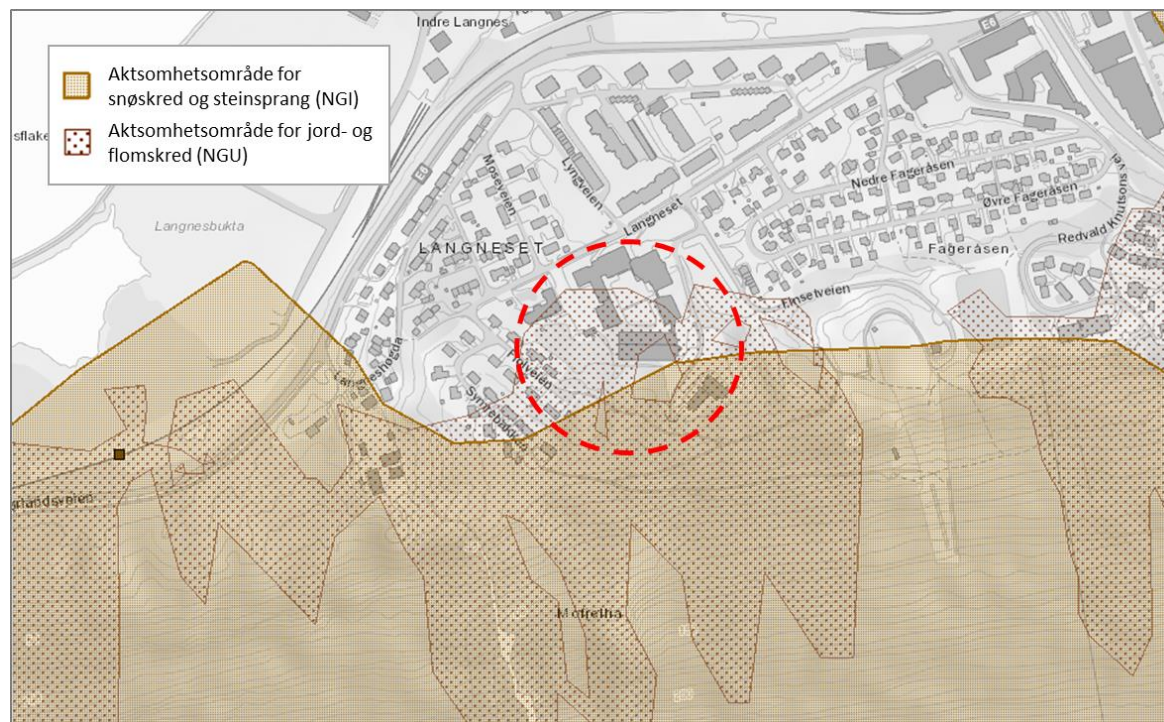
### 4.2 Aktsomhetskart

Aktsomhetskart for skred viser områder med *potensiell* skredfare, og danner grunnlag for en første vurdering av skredfare i områder der skredfaren ikke er kartlagt mer detaljert. Aktsomhetskart gir ikke opplysninger om faregraden i form av sannsynlighet eller hyppighet for skredtypen som kartet omhandler. Aktsomhetskart kan ha ulik detaljeringsgrad, avhengig av kartleggingsmetode, tilgangen på relevante geodata og ressurser som er nyttet i kartleggingen. Som regel er disse kartene basert på analyser og modellering gjort i grove terrengmodeller, og er gjort uten nærmere vurdering av lokale terrengforhold. I områder der det finnes mer detaljerte faresonekart erstatter disse aktsomhetskartene. (Ref. NVE)



## Vurdering av skredfare og sikringstiltak

Det aktuelle området ved Nasjonalbiblioteket ligger innenfor aktsomhetsområdene for skred i skreddatabasen til NVE (<http://atlas.nve.no>), se Figur 5.



Figur 5. Aktsomhetskart for skred hentet fra <http://atlas.nve.no>. Lokasjonen til det aktuelle området ved Nasjonalbibliotek er markert med rødt.

#### 4.3 Tidligere skredhendelser

I 2011 (dato usikker) gikk det et sørpeskred i bekken som renner i skråningen ovenfor byggetomten. Hendelsen forårsaket hovedsakelig problemer med oversvømmelse og ukontrollert overflatevann ved Nasjonalbiblioteket.

Det er ingen registrerte skredhendelser mot det aktuelle byggetomten i skreddatabasen til NVE. Innenfor en radius på 10 km er det registrert flere skredhendelser både i skreddatabasen til NVE og observasjoner fra regObs som er relevante med tanke på identifisering av typiske utløsningsområder særlig for snø- og sørpeskred i området. Det finnes flere sørpeskredhendelser i lignende skråninger i området. De fleste snøskred har gått i nordvest/nordøstvendte skråninger.

#### 4.4 Vurdering av snøskred

Den aktuelle skråningen er bratt nok (30-50°) for naturlig utløsning av snøskred. Skråningen er nokså tett bevokst med skog. Skogen vil være med å redusere sannsynligheten for at svake lag dannes i snødekket. Dominerende vindforhold fra østlig retning i vinterstid antyder at snøen som regel vil bli transportert vekk istedenfor akkumulert i skråningen. De registrerte vindretningene ved værstasjonen, som ligger i dalbunnen, blir påvirket av dalførets retning. Vindretningen er ikke nødvendigvis samme høyere oppe på fjellet.

Ved befaringen er det observert et vegetasjonsfritt svabergparti ved ca. 200-230 moh. med ~40° helning, som er identifisert til å være et potensielt utløsningsområde for snøskred, se Figur 8A. Dette utløsningsområdet er et mindre, begrenset område på ca. 700 m<sup>2</sup>, som kan akkumulere snø særlig ved vindforhold fra sørlig retning. Det er derimot lite sannsynlig for utløsning av store flaksnøskred med lang utløpslengde pga. variasjoner i terrenget og skog. Dette gjør at det vurderes som lite sannsynlig at det vil dannes sammenhengende svake lag, og forplantning av evt. snøskred i sideretning vil være begrenset på grunn av vegetasjon og variasjoner i terrenget. Imidlertid er dette

## Vurdering av skredfare og sikringstiltak

utløsningsområdet tilknyttet en bekk, noe som gjør at evt. snøskred kan omdannes til sørpeskred. Se neste kapittel.

Vår vurdering er at flaskred som evt. kan løsne fra dette området trolig ikke vil ramme de planlagte konstruksjonene ved Nasjonalbiblioteket, med mindre snøskredmassene omdannes til sørpe. Ved befaringen ble det ikke registrert forhold som kan medføre ren snøskredfare mot den aktuelle tomten slik vegetasjonsforholdene i den tilstøtende skråningen ovenfor planområdet er i dag.

#### 4.5 Vurdering av sørpeskred

Det er registrert sørpehendelser i bekken som renner fra skråningen mot den aktuelle byggetomten (Figur 3). Denne samme bekken er tilknyttet til svaberget og løsneområdet for snøskred beskrevet i kapittel 4.4. Helningen langs bekken i hele skråningen er såpass bratt ( $>30^\circ$ ) at det kreves en oppdemning av snømasser og hurtig tilførsel av vann for at sørpeskred kan utløses fra denne skråningen. Slike forhold er tilstede ved svabergpartiet (Figur 8), der evt. utglidning av snømasser til bekken kan demme opp bekken og føre til at oppdemt snø blir vannmettet og sørpeskred initieres. Skredmassene vil fortsette ned langs bekken og kan dra med seg snømasser på veien.

Det er observert knekte trær langs bekken i skråningen, noe som kan tolkes som eldre skredskader. I deler av området rundt bekken (i ca. 5 meters radius) er det fritt for vegetasjon (trær og kratt), noe som kan tyde på at det går skred i jevne mellomrom langs bekken.

Utløpet til det aktuelle bekkefarete er rett mot anlegget. Bekken er ledet i 90-graders vinkler inn i to rør under turvegen som ligger ovenfor tunnelåpningen, se Figur 9. Ved en ev. skredhendelse langs bekken vil massene fortsette rett frem over turvegen og videre mot anleggsområdet. Modellering av sørpeskred viser også at skredmassene sannsynligvis også kan bevege seg mot nordvest, mot det planlagte bygget ved inngangspartiet, se Figur 6. Dette vurderes som realistisk, da man i den nøyaktige terrenngmodellen kan se eldre dreneringsspor mot dette området.

Det vurderes at sørpeskred med skadepotensiale mot det aktuelle bygget vil en årlig nominell sannsynlighet  $\geq 1/1000$ .

##### 4.5.1 Modellering av sørpeskred

Det er modellert sørpeskred i programmet RAMMS *debris flow*, utviklet av SLF i Sveits. RAMMS *debris flow* er et dynamisk program som er i utgangspunktet laget for modellering av hurtige vannmettede løsmasseskred (flomskred). Ved å endre input parametere kan programmet også brukes for modellering av sørpeskred, da flomskred og sørpeskred har likheter i bevegelsesmønstre og dynamikk.

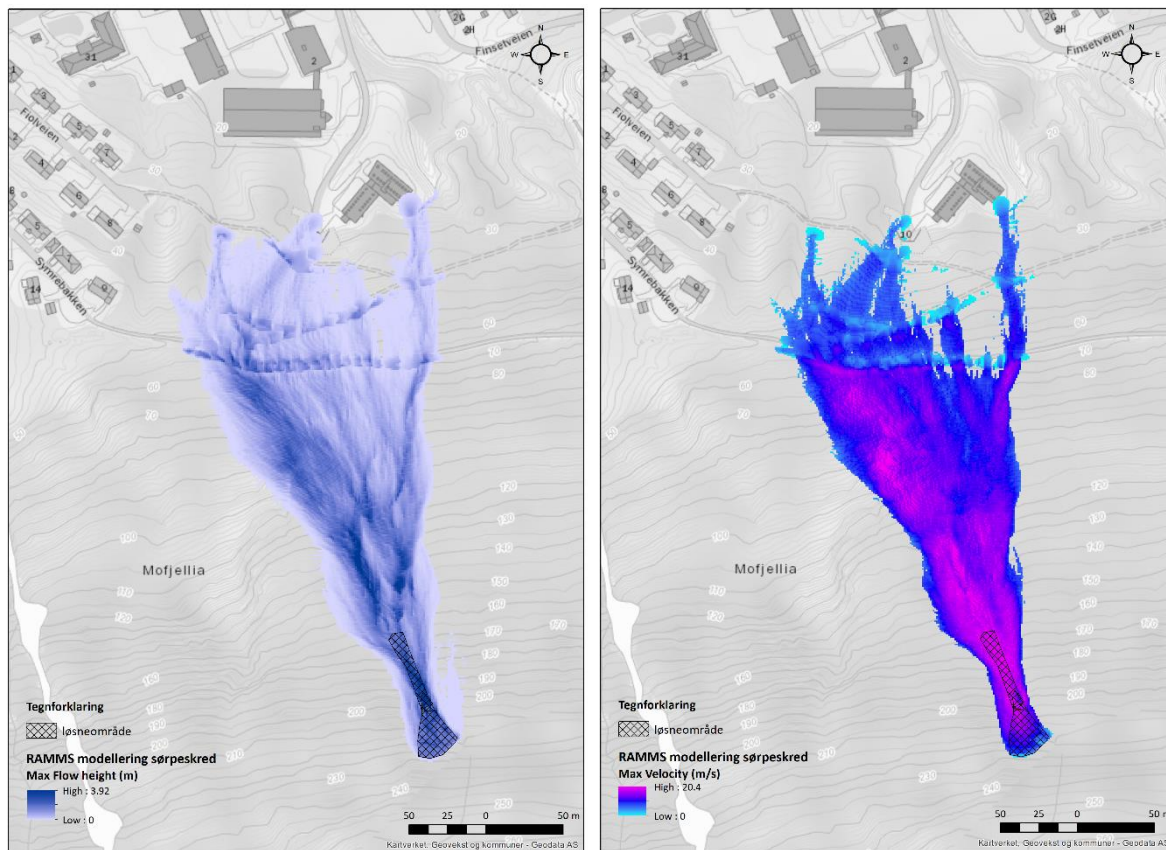
Modelleringsresultatene vil alltid være kun forenkling av virkeligheten. Det er vanskelig å stole på resultatene, særlig i lokasjoner der man ikke har ekte skredhendelser som man kan kalibrere mot. Modelleringsresultatene er likevel et godt verktøy for å studere bevegelsesmønstre og sannsynlige skredbaner. Ved bruk av konservative parametere kan resultatene også fungere som et verktøy for dimensjonering av sikringstiltak.

Det er utført flere modellkjøringer langs den aktuelle skredbanen med ulike parametere og løsneområder. Terrenngmodellen, som er grunnlaget til modelleringene, er laget av laser-data fra 2012. Terrenget ved inngangspartiet til fjellhallene er endret noe i ettertid (det er fjernet løsmasser og skråningsprofilen er rettet ut). Modelleringsresultatene viser flytemønstre slik terrenget var opprinnelig, og i dagens terrenget med bare svaberg (helning  $\sim 40^\circ$ ) i nedre del vil skred sannsynligvis ha enda lengre utløp.

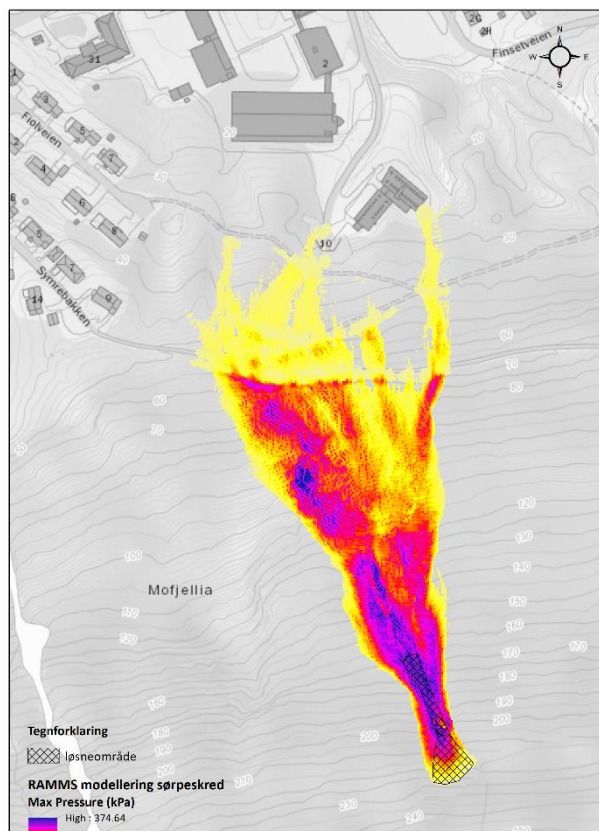
Figur 6 og Figur 7 viser resultater med det lengste utløp som ble modellert, med inputparametere  $\mu 0.1/Xi 900$ , løsnevolum ca.  $1700 \text{ m}^3$ . Resultater viser at den øverste turveien, som er der også i

## Vurdering av skredfare og sikringstiltak

dag, vil med stor sannsynlighet ta mesteparten av energien til evt. skred. Massene som beveger seg forbi den øverste turveien kan treffe det aktuelle vurderingsobjektet ved inngangspartiet.



Figur 6. Resultater for flyte høyde (venstre) og hastighet (høyre) fra modellering av sørpeskred i RAMMS.



Figur 7. Resultater som viser trykk langs skredbanene ved modellering av sørpeskred i RAMMS.



## Vurdering av skredfare og sikringstiltak

**Vurdering av jord- og flomskred**

Det er ikke observert spor i terrenget etter eldre løsmasserelaterte skredhendelser, og det er heller ikke observert løsmasseskredrelaterte terrengformasjoner. Det er observert hovedsakelig bart berg eller tynt humuslag/mose, samt grove steinmasser i hele den aktuelle delen av skråningen. Løsmassemektigheten er antatt å være veldig liten. Ved mangel på løsmasser er løsmasserelaterte skred også vurdert som lite sannsynlig.

**4.6 Vurdering av steinsprang**

Skråningen består i hovedsak av svaberg som har god fasthet mot erosjon. Øst ved Mofjellia finnes det noen bratte bergpartier som hvor det kan gå steinsprang. Terrenget her er nokså terrassert og tett vegetert, faktorer som vil effektivt dempe evt. skred. Det er ikke observert oppsprukket berg eller potensielle løснеområder for steinsprang med utløp til den aktuelle byggetomten.



Figur 8. A) Svaberget som er potensielt løснеområde for snøskred ovenfor aktuell tomt. B) Bekken som renner i underkant av svaberget på bilde A.



## Vurdering av skredfare og sikringstiltak



Figur 9. A) Utløpet av samme bekken som på Bilde 1B ved veien ovenfor anleggsområdet, bildet er tatt mot sør. B) Bekken er ledet i 90-graders vinkler mot baksiden av veien, bildet er tatt mot øst. Gule piler viser dreneringsretning.

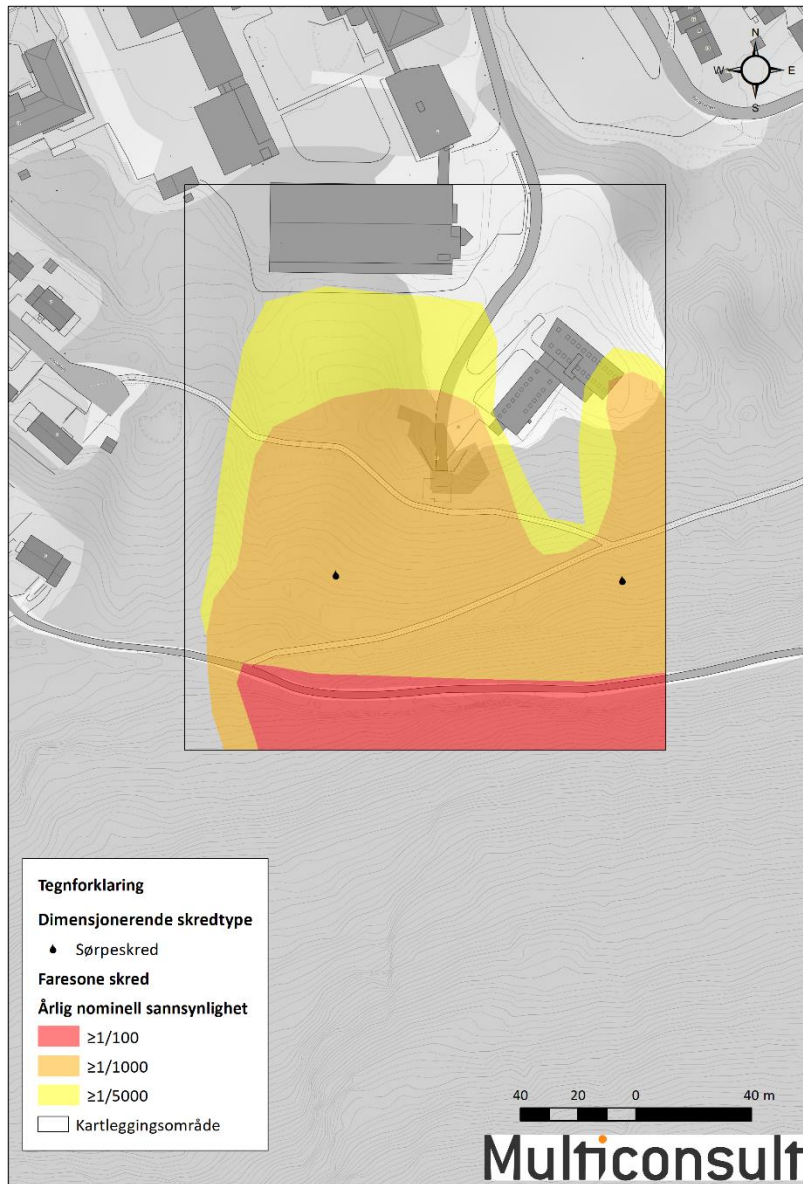
#### 4.7 Faresonekart

Utbredelsen av faresonen er vurdert på følgende grunnlag:

- Observasjoner fra feltarbeidet og faglig skjønn.
- Identifisering av potensielle løснеområder for de aktuelle skredtypene basert på topografi, vegetasjon og klimaforhold.
- Tidligere registrerte skredhendelser og lokal kjennskap til historiske hendelser.
- Modelleringsarbeider
- Terrenganalyser og vurdert påvirkning av endrede terrengforhold i nedre del av skråning

Faregrensene representerer i Figur 10 den samlede sannsynlighet for alle skredtyper med årlig nominell sannsynlighet 1/100, 1/1000 og 1/5000. I utarbeidelsen av faresonene er det tatt utgangspunkt i dagens vegetasjon- og klimaforhold.

Faresonene viser at deler av området ved det aktuelle vurderingsobjektet ligger innenfor faresone for skred med årlig sannsynlighet  $\geq 1/1000$  og  $\geq 1/5000$ . Dimensjonerende skredtype er sørpeskred.



Figur 10. Faresonekart for skred for det aktuelle området ved Nasjonalbiblioteket.

## 5 Vurdering av sikringstiltak

Undersøkelsene og tilhørende vurderinger viser at det aktuelle bygget ved inngangspartiet, særlig kjølere og ventilasjonsanlegg som står på toppen av bygget, ligger utsatt til for sørpeskred. Anbefalte sikringstiltak inkluderer en ledevoll som etableres i skråningen mellom den øverste turveien og aktuelt bygg. I tillegg anbefaler vi at terrenget endres ved støtsiden av vollen slik at endelige terrenget vil ha en helle mest mulig ned mot vest, for å forsterke effekten av ledevollen.

Det finnes ingen data fra evt. tidligere skredhendelser langs den aktuelle bekken, derfor er modelleringsresultatene det beste verktøy vi har tilgjengelig for dimensjonering av sikringstiltak. Konservative modelleringsresultater viser at skred som kan nå det aktuelle området har maks flyte høyde ca. 1 m, maks trykk <100 kPa og maks hastighet 10 m/s. Disse vurderes å være realistiske med tanke på forholdene i den aktuelle skråningen.

Det vurderes at en ledevoll med effektiv høyde på 2 m vil være tilstrekkelig for sikring av det aktuelle bygget mot sørpeskred. Når det gjelder utformingen til vollen så er det viktig at det antatte skredets treffvinkel mot ledevollen ikke overstiger 25°. Videre arbeider inkluderer detaljprosjektering av vollen inkludert tilpasning til terrenget.